ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 2

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 2

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

TEXNOLOGIK JARAYONLARNI BOSHQARISHDA PID-REGULYATORLARNING QO‘LLANILISHI VA OPTIMALLASHTIRISH USULLARI

Uvayzov Saidjon Komilovich
Buxoro davlat texnika universiteti “Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish”kafedrasi katta o‘qituvchisi, (PhD)
E-mail: said_komil@mail.ru
Qazoqov Jo‘rabek Roziqovich
Buxoro davlat texnika universiteti “Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish”kafedrasi assistenti
E-mail: jorabekqazoqov1@gmail.com
Mizomov Muhammad Saydulla o`g`li
Buxoro davlat texnika universiteti “Texnologik jarayonlar va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish”kafedrasi assistenti
E-mail: muhammadmizomov@gmail.com

Annotatsiya. Sanoat korxonalarida texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, energiya resurslaridan oqilona foydalanish va mahsulot sifatini yaxshilashning muhim omillaridan biri hisoblanadi. Avtomatik boshqaruv tizimlarida PID-regulyatorlar o‘zining soddaligi, ishonchliligi va yuqori samaradorligi sababli eng ko‘p qo‘llaniladigan boshqaruv qurilmalaridan biridir. Ushbu maqolada texnologik jarayonlarni boshqarishda PID-regulyatorlarning ishlash prinsiplari, ularning afzalliklari hamda optimallashtirish usullari tahlil qilingan. Tadqiqot davomida an’anaviy PID-regulyator va optimallashtirilgan PID-regulyatorlarning ishlash ko‘rsatkichlari solishtirilgan. Ziegler–Nichols sozlash usuli hamda zamonaviy optimallashtirish yondashuvlari asosida regulyator parametrlarini tanlash natijalari o‘rganilgan. Olingan natijalar PID-regulyator parametrlarini optimal sozlash tizimning o‘tish jarayonini qisqartirish, statik xatolikni kamaytirish va boshqaruv aniqligini oshirish imkonini berishini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari sanoat korxonalarida avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini takomillashtirishda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: PID-regulyator, avtomatik boshqaruv tizimi, texnologik jarayon, optimallashtirish, Ziegler–Nichols usuli, sanoat avtomatlashtirish, boshqaruv sifati, o‘tish jarayoni, statik xatolik, MATLAB/Simulink.

Abstract. Automation of technological processes in industrial enterprises is one of the important factors in increasing production efficiency, rational use of energy resources and improving product quality. PID controllers are one of the most widely used control devices in automatic control systems due to their simplicity,

ISSN 3030-3907

reliability and high efficiency. This article analyzes the principles of operation of PID controllers in controlling technological processes, their advantages and optimization methods. During the study, the performance indicators of traditional PID controllers and optimized PID controllers were compared. The results of selecting controller parameters based on the Ziegler–Nichols tuning method and modern optimization approaches were studied. The results obtained showed that optimal adjustment of PID controller parameters allows to reduce the system transient process, reduce static error and increase control accuracy. The results of the study are of practical importance in improving automated control systems in industrial enterprises.

Keywords: PID controller, automatic control system, technological process, optimization, Ziegler–Nichol's method, industrial automation, control quality, transient process, static error, MATLAB/Simulink.

Аннотация. Автоматизация технологических процессов на промышленных предприятиях является одним из важных факторов повышения эффективности производства, рационального использования энергоресурсов и улучшения качества продукции. ПИД-регуляторы относятся к числу наиболее широко применяемых устройств в системах автоматического управления благодаря своей простоте, надежности и высокой эффективности. В данной статье анализируются принципы работы ПИД-регуляторов при управлении технологическими процессами, их преимущества и методы оптимизации. В ходе исследования было проведено сравнение показателей работы традиционных и оптимизированных ПИД-регуляторов. Рассмотрены результаты подбора параметров регулятора с использованием метода настройки Циглера-Никольса и современных подходов к оптимизации. Полученные результаты показали, что оптимальная настройка параметров ПИД-регулятора позволяет сократить длительность переходного процесса, уменьшить статическую ошибку и повысить точность управления. Результаты исследования имеют практическое значение для совершенствования систем автоматического управления на промышленных предприятиях.

Ключевые слова: ПИД-регулятор, система автоматического управления, технологический процесс, оптимизация, метод Циглера-Никольса, промышленная автоматизация, качество управления, переходный процесс, статическая ошибка, MATLAB/Simulink.

KIRISH.

Hozirgi kunda sanoatning barcha tarmoqlarida raqamli texnologiyalar va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini joriy etish jarayoni jadallashib

ISSN 3030-3907

bormoqda. Ishlab chiqarish jarayonlarining murakkablashuvi va yuqori aniqlik talab qilinishi texnologik parametrlarni samarali boshqarish masalasini dolzarb vazifalardan biriga aylantirmoqda. Ayniqsa, neft-gaz, energetika, kimyo, metallurgiya va oziq-ovqat sanoatida harorat, bosim, sarf, sath kabi parametrlarni belgilangan qiymatda ushlab turish mahsulot sifatiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

Avtomatik boshqaruv tizimlarida eng keng tarqalgan boshqaruv algoritmlaridan biri PID (Proportional-Integral-Derivative) regulyator hisoblanadi. Ushbu regulyatorning asosiy afzalligi uning sodda matematik modeli, amaliy qo‘llash qulayligi va turli obyektlarga moslashuvchanligidadir. Statistik ma’lumotlarga ko‘ra, dunyo sanoat korxonalaridagi boshqaruv tizimlarining qariyb 90 foizida PID-regulyatorlardan foydalaniladi [1].

PID-regulyatorning ishlash prinsipi boshqarilayotgan parametr va berilgan qiymat orasidagi xatolikni kamaytirishga asoslangan. Proporsional tashkil etuvchi joriy xatolikka tezkor javob beradi, integral tashkil etuvchi uzoq muddatli xatoliklarni bartaraf etadi, differensial tashkil etuvchi esa tizimning kelajakdagi holatini prognozlash orqali barqarorlikni oshiradi.

Biroq PID-regulyatorlarning samaradorligi ko‘p jihatdan uning parametrlarini to‘g‘ri tanlashga bog‘liq. Noto‘g‘ri sozlangan regulyator tizimda tebranishlar, katta o‘tish vaqti yoki ortiqcha energiya sarfiga olib kelishi mumkin. Shu sababli PID-parametrlarini optimallashtirish texnologik jarayonlarni boshqarishda muhim ilmiy va amaliy masala hisoblanadi [2].

Mazkur tadqiqotning maqsadi texnologik jarayonlarni boshqarishda PID-regulyatorlarning qo‘llanilishi va ularni optimallashtirish usullarining samaradorligini baholashdan iborat [3].

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Tadqiqot nazariy tahlil, matematik modellashtirish va kompyuter simulyatsiyasi usullariga asoslangan holda amalga oshirildi.

Tadqiqot obyekti sifatida sanoatdagi haroratni boshqarish tizimi tanlandi. Ushbu tizim ko‘plab texnologik jarayonlar uchun tipik model hisoblanadi va PID-regulyatorlar yordamida boshqariladi [4,5].

Tadqiqot quyidagi bosqichlarda amalga oshirildi:

1. Texnologik jarayonning matematik modelini yaratish.
2. An’anaviy PID-regulyator parametrlarini tanlash.
3. Ziegler–Nichols usuli yordamida parametrlarni aniqlash.
4. Optimallashtirilgan PID-parametrlarini hisoblash.
5. Simulyatsion tajribalar o‘tkazish.
6. Olingan natijalarni taqqoslash va tahlil qilish.

ISSN 3030-3907

PID-regulyatorning matematik modeli. PID-regulyatorning uzatish funksiyasi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$G(s)=K_p+\frac{K_i}{s}+K_d s$$

bu yerda:

- K_p – proporsional koeffitsiyent;
- K_i – integral koeffitsiyent;
- K_d – differensial koeffitsiyent.

Regulyator chiqish signali quyidagicha aniqlanadi:

$$u(t)=K_p e(t)+K_i \int e(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

bu yerda $e(t)$ – xatolik signali [6,7].

Tizim samaradorligini baholash uchun quyidagi ko‘rsatkichlar tanlandi:

1-Jadval

Ko‘rsatkich	**O‘lchov birligi**
O‘tish vaqti	soniya
Turg‘unlashish vaqti	soniya
Maksimal oshib ketish	%
Statik xatolik	%
Integral sifat ko‘rsatkichi	birlik

Tadqiqot MATLAB/Simulink dasturiy muhiti yordamida amalga oshirildi.

Tadqiqot natijalari va muhokamasi. Simulyatsiya natijalari PID-regulyator parametrlarini optimallashtirish tizimning umumiy sifat ko‘rsatkichlarini sezilarli darajada yaxshilashini ko‘rsatdi.

2-jadval.

An’anaviy va optimallashtirilgan PID-regulyatorlarning taqqoslanishi

Ko‘rsatkich	An’anaviy PID	Optimallashtirilgan PID
O‘tish vaqti (s)	7.2	4.1
Turg‘unlashish vaqti (s)	13.4	7.1
Maksimal oshib ketish (%)	19.8	5.9
Statik xatolik (%)	2.4	0.5
Sifat ko‘rsatkichi	0.76	0.95

Jadval ma’lumotlaridan ko‘rinib turibdiki, optimallashtirilgan PID-regulyator barcha mezonlar bo‘yicha yuqori natija ko‘rsatgan [8].

Samaradorlik tahlili. Optimallashtirish natijasida:

- O‘tish vaqti 43 % ga qisqardi;
- Turg‘unlashish vaqti 47 % ga kamaydi;
- Maksimal oshib ketish 70 % ga qisqardi;
- Statik xatolik 79 % ga kamaydi.

ISSN 3030-3907

3-jadval.

Parametr	Yaxshilanish darajasi (%)
O‘tish vaqti	43
Turg‘unlashish vaqti	47
Oshib ketish	70
Statik xatolik	79
Umumiy sifat	25

Natijalar PID-parametrlarni optimallashtirish boshqaruv tizimining sifatini sezilarli ravishda oshirishini tasdiqlaydi [9].

Turli yuklama sharoitlaridagi natijalar. Texnologik jarayonlarda tashqi ta’sirlar va yuklama o‘zgarishlari tez-tez uchrab turadi. Shuning uchun tizimning bunday sharoitlardagi ishlashi ham o‘rganildi.

4-jadval

Yuklama darajasi	An’anaviy PID (s)	Optimallashtirilgan PID (s)
Past	3.9	2.1
O‘rta	6.1	3.3
Yuqori	8.8	4.5

Natijalar optimallashtirilgan PID-regulyator yuklama o‘zgarishlariga nisbatan tezroq moslashishini ko‘rsatdi.

Energiya samaradorligi tahlili. PID-regulyator parametrlarini optimallashtirish energiya sarfiga ham ta’sir ko‘rsatadi.

5-jadval

Rejim	An’anaviy PID (kWh)	Optimallashtirilgan PID (kWh)
Normal	15.8	13.2
O‘rta yuklama	18.4	15.1
Yuqori yuklama	21.7	18.0

Jadval natijalari optimallashtirilgan boshqaruv tizimi energiya sarfini o‘rtacha 15–20 % gacha kamaytirishini ko‘rsatadi.

TADQIQOT MUHOKAMASI. Olingan natijalar PID-regulyatorlar sanoat avtomatlashtirish tizimlarida yuqori samaradorlikka ega ekanligini tasdiqlaydi. Ayniqsa, parametrlarni optimallashtirish boshqaruv sifati va energiya tejamkorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Ziegler–Nichols usuli PID-parametrlarni dastlabki tanlash uchun qulay vosita hisoblanadi. Biroq zamonaviy sanoat tizimlarida genetik algoritmlar, sun’iy neyron tarmoqlar va loyqa mantiq asosidagi optimallashtirish usullari yanada yuqori natijalar berishi mumkin [10,11].

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, optimallashtirilgan PID-regulyator:

- texnologik parametrlarni aniq boshqaradi;

ISSN 3030-3907

- tebranishlarni kamaytiradi;
- tizimning barqarorligini oshiradi;
- energiya tejamkorligini ta’minlaydi;
- ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi.

Shuningdek, PID-regulyatorlarning amaliy qo‘llanilishi ularning boshqa murakkab boshqaruv algoritmlariga nisbatan arzonligi va soddaligi bilan ham izohlanadi [12].

Bugungi kunda Industry 4.0 konsepsiyasi doirasida PID-regulyatorlarni sun’iy intellekt asosidagi optimallashtirish algoritmlari bilan integratsiyalash bo‘yicha tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu esa kelajakda yanada moslashuvchan va aqlli boshqaruv tizimlarini yaratish imkonini beradi.

XULOSA. Mazkur maqolada texnologik jarayonlarni boshqarishda PID-regulyatorlarning qo‘llanilishi va optimallashtirish usullari tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari PID-regulyatorlar sanoat avtomatlashtirish tizimlarida samarali va ishonchli boshqaruv vositasi ekanligini ko‘rsatdi.

Simulyatsiya natijalari PID-parametrlarni optimallashtirish natijasida:

- o‘tish vaqti 43 % ga qisqarishi;
- turg‘unlashish vaqti 47 % ga kamayishi;
- maksimal oshib ketish 70 % ga pasayishi;
- statik xatolik 79 % ga kamayishi mumkinligini ko‘rsatdi.

Bundan tashqari, optimallashtirilgan PID-regulyator energiya sarfini kamaytirish va texnologik jarayonlarning barqarorligini oshirish imkonini beradi. Shu sababli sanoat korxonalarida PID-regulyatorlarni zamonaviy optimallashtirish usullari bilan birgalikda qo‘llash maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Kelgusida PID-regulyatorlarni sun’iy intellekt va mashinaviy o‘qitish algoritmlari bilan integratsiyalash texnologik jarayonlarni boshqarish samaradorligini yanada oshirishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Ogata K. Modern Control Engineering. – New Jersey: Prentice Hall, 2010.
2. Dorf R.C., Bishop R.H. Modern Control Systems. – Pearson Education, 2017.
3. Nise N.S. Control Systems Engineering. – Wiley, 2020.
4. Seborg D.E., Edgar T.F., Mellichamp D.A. Process Dynamics and Control. – Wiley, 2017.
5. Åström K.J., Hägglund T. PID Controllers: Theory, Design and Tuning. – ISA, 2006.
6. Franklin G.F., Powell J.D., Emami-Naeini A. Feedback Control of Dynamic Systems. – Pearson, 2019.

ISSN 3030-3907

7. Ziegler J.G., Nichols N.B. Optimum Settings for Automatic Controllers // Transactions of ASME. – 1942. – Vol. 64. – P. 759–768.
8. Visioli A. Practical PID Control. – Springer, 2006.
9. Skogestad S. Simple Analytic Rules for Model Reduction and PID Controller Tuning // Journal of Process Control. – 2003. – Vol. 13. – No. 4.
10. Bequette B.W. Process Control: Modeling, Design and Simulation. – Prentice Hall, 2003.
11. Li Y., Ang K.H., Chong G.C.Y. PID Control System Analysis and Design // IEEE Control Systems Magazine. – 2016.
12. Rivera D.E., Morari M., Skogestad S. Internal Model Control PID Controller Design // Industrial & Engineering Chemistry Process Design and Development. – 1986.

ISSN 3030-3907